

Квантовая эластичная сеть как единый механизм спектра реликтового излучения и галактической динамики

Владимир Владимирович Никитин

Стандартная космологическая модель Λ CDM успешно описывает многие наблюдательные данные, однако требует введения тёмной материи, тёмной энергии и инфляции — компонентов, прямое экспериментальное обнаружение которых отсутствует. В настоящей работе представлена Единая Теория Циклической Квантовой Вселенной (ЕТЦКВ), основанная на концепции пространства-времени как физической среды — Квантовой Эластичной Сети (QEN). В рамках этого подхода пространство-время наделяется свойствами упругости и вязкости, а наблюдаемые космологические и астрофизические явления выводятся как проявления её коллективных возбуждений.

Реликтовое излучение интерпретируется не как остывший свет первичной плазмы, а как запись собственных мод упругих колебаний конечного резонатора, образованного физической границей (коконом). Пики в угловом спектре мощности CMB соответствуют дискретным собственным частотам этого резонатора, а их ширина определяется вязкоупругим затуханием. Тот же тензор вязкоупругости на низких частотах воспроизводит плоские кривые вращения галактик, причём масштаб ускорения $a_0 \approx 1,2 \times 10^{-10}$ м/с² вычисляется из параметров, зафиксированных по данным Planck, а не постулируется.

ЕТЦКВ описывает оба класса явлений с помощью четырёх глобальных параметров, демонстрируя параметрическую экономичность и концептуальное единство. Сформулированы три бинарных фальсифицируемых предсказания: отсутствие первичных В-мод поляризации ($r < 10^{-4}$), асимметрия второго акустического пика CMB и полиномиальный рост ширины пиков ($\Delta L_3 / \Delta L_1 \approx 9, 0$). Работа представляет собой замкнутую количественную модель, готовую к независимой экспериментальной проверке.

““latex

Введение: онтологический базис и постановка задачи

Основная мысль: Наблюдаемая Вселенная представляет собой не пустое пространство, заполненное веществом и излучением, а единую физическую среду. Её упругие и вязкие свойства делают избыточными гипотезы о тёмной материи, тёмной энергии и инфляции.

Современная космология достигла высокой точности в описании эволюции Вселенной, однако фундаментальная природа её ключевых компонентов остаётся невыясненной. Стандартная модель Λ CDM постулирует существование тёмной материи, тёмной энергии и инфляционного поля — сущностей, не обнаруженных прямыми

экспериментами. В галактической динамике это проявляется в необходимости подгонки индивидуальных профилей тёмных гало для каждой галактики. Альтернативные подходы, такие как модифицированная ньютоновская динамика (MOND), сталкиваются с трудностями при описании реликтового излучения и не имеют общепринятого релятивистского обобщения.

ЕТЦКВ предлагает принципиально иной путь. Вместо введения новых сущностей пересматривается онтология самого пространства-времени. Мы принимаем, что пространство-время является физической средой — Квантовой Эластичной Сетью (QEN). Эта среда обладает упругостью и вязкостью, а её коллективные возбуждения проявляются как гравитационные и космологические феномены. Уравнения Эйнштейна возникают как гидродинамический предел этой среды при больших длинах волн.

Космологическое начало описывается как фазовый переход первого рода в QEN, в результате которого формируется конечный объём (пузырь) с физической границей — коконом, обладающим поверхностным натяжением. Реликтовое излучение интерпретируется как запись собственных упругих колебаний среды внутри этого объёма, а не как остывший свет барион-фотонной плазмы. Такой подход с самого начала снимает необходимость в инфляции для объяснения однородности и в тёмной материи для объяснения структуры.

Цель настоящей работы — построить количественную модель, которая:

- выводит спектр мощности СМВ из геометрии конечного резонатора и вязкоупругости QEN,
- воспроизводит кривые вращения галактик без привлечения тёмной материи,
- связывает оба класса явлений единым тензором вязкоупругости,
- формулирует фальсифицируемые предсказания, отличающие её от Λ CDM.

Математика стоячих мод в QEN-резонаторе

Основная мысль: Пики в спектре СМВ — это не акустические осцилляции плазмы, а собственные моды упругих колебаний конечного объёма. Их положения определяются геометрией резонатора и граничными условиями на его поверхности.

Волновое уравнение и граничные условия

Рассматриваем малые скалярные возмущения Ψ в метрике Фридмана–Леметра–Робертсона–Уокера. В конформном времени η и сопутствующих координатах уравнение для безмассовых мод принимает вид классического волнового уравнения внутри сферы радиуса R :

$$\Psi'' + 2H\Psi' - \nabla^2\Psi = 0.$$

Здесь H — конформный параметр Хаббла. Для монохроматических мод $\Psi \propto e^{i\omega\eta}$ пространственная часть удовлетворяет уравнению Гельмгольца:

$$\nabla^2\psi + k^2\psi = 0.$$

Ключевым элементом модели является физическая граница — кокон, образовавшийся при фазовом переходе. Из вариационного принципа для полного действия, включающего поверхностный член с натяжением σ , следует граничное условие Неймана:

$$\left. \frac{\partial\psi}{\partial r} \right|_{r=R} = 0.$$

Это условие означает, что поток энергии через границу отсутствует: кокон действует как идеально отражающая оболочка для упругих возмущений в линейном приближении.

Решение в сферических координатах

В сферических координатах решение ищется в виде $\psi(r, \theta, \varphi) = f_\ell(r) Y_{\ell m}(\theta, \varphi)$. Радиальная функция $f_\ell(r)$ удовлетворяет уравнению:

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{df_\ell}{dr} \right) + \left(k^2 - \frac{\ell(\ell+1)}{r^2} \right) f_\ell = 0.$$

Его решениями являются сферические функции Бесселя $j_\ell(kr)$. Граничное условие Неймана накладывает ограничение:

$$j'_\ell(kR) = 0.$$

Корни этого уравнения $x_{\ell n} = k_{\ell n} R$ образуют дискретный набор. Для каждого углового момента ℓ существует бесконечная последовательность радиальных обертонов, индексируемых числом n .

Нормировка мод

Точная норма мод в конечном объёме имеет вид:

$$N_{\ell n}^2 = \frac{R^3}{2} \left(1 - \frac{\ell(\ell+1)}{(k_{\ell n} R)^2} \right) j_{\ell}^2(k_{\ell n} R).$$

Использование асимптотических приближений здесь недопустимо: для квадруполь ($\ell=2$) поправочный член составляет около 4 %, что превышает погрешность измерений Planck. Точная норма критически важна для корректного расчёта амплитуд пиков.

Первые собственные значения

В таблице приведены первые корни $x_{\ell n}$ уравнения $j'_{\ell}(x)=0$ и их физическая интерпретация:

Первые собственные значения для мод QEN-резонатора

Мода (ℓ, n)	Корень $x_{\ell n}$	Интерпретация
(2,1)	3,342	Первый акустический пик
(3,1)	4,514	Фундаментальная мода октуполя
(4,1)	5,647	Фундаментальная мода $\ell=4$
(5,1)	6,758	Фундаментальная мода $\ell=5$
(2,2)	6,794	Первый обертона квадруполь

Обращает на себя внимание близость корней $x_{5,1}$ и $x_{2,2}$ — разница составляет всего 0,5 %. Это вырождение является систематическим свойством спектра оператора Лапласа в сфере с условием Неймана, а не случайным совпадением. Асимптотически корни ведут себя как $x_{\ell n} \approx \pi(n + \ell/2 - 1/4)$, что для пар (ℓ, n) и $(\ell+3, n-1)$ даёт сближение уровней. Данное вырождение приводит к асимметричной форме второго акустического пика и является одним из фальсифицируемых предсказаний теории.

Результат раздела

Получен строгий математический базис ЕТЦКВ. Показано, что дискретный спектр СМВ является прямым следствием конечности QEN-резонатора и физических свойств его границы. Выявлено нетривиальное резонансное вырождение мод, служащее уникальной сигнатурой модели.

Геометрическая проекция, вязкоупругое затухание и полный спектр C_ℓ

Основная мысль: Наблюдаемый угловой спектр мощности СМВ формируется проекцией трёхмерных стоячих мод на сферу последнего рассеяния. Ширина пиков определяется вязкоупругим затуханием, параметры которого будут позже использованы для объяснения галактической динамики.

Фононная поверхность последнего рассеяния

В ЕТЦКВ СМВ формируется не фотонами барион-фотонной плазмы, а термализованными фононами — квантами упругих возбуждений QEN. «Поверхность последнего рассеяния» (LSS) определяется моментом времени η_{dec} , когда частота фонон-фононных столкновений $\nu_{\text{coll}}(T)$ падает ниже темпа расширения Хаббла $H(T)$:

$$\nu_{\text{coll}}(T_{\text{dec}}) \approx H(T_{\text{dec}}).$$

После η_{dec} фононы распространяются свободно, сохраняя информацию о стоячих волнах на момент расщепления. Радиус LSS r_{LSS} в сопутствующих координатах является фиксированным геометрическим параметром модели.

Геометрическая проекция

Наблюдаемый спектр C_ℓ определяется интегралом перекрытия стоячей моды и луча зрения внутри конечной сферы. Для условия Неймана аналитическое вычисление даёт функцию окна:

$$|W_{n\ell}(\chi)|^2 \propto G^2(\chi) \cdot \delta_D(\chi - \chi_{\ell n}),$$

где $\chi = D_A/R$ — отношение расстояния по угловому диаметру к радиусу резонатора. Геометрический фактор $G(\chi)$ имеет вид:

$$G(\chi) = \frac{2}{\pi \chi} \sin\left(\frac{\pi \chi}{2}\right).$$

При $\chi = 77,0$ (значение, фиксируемое по положению первого пика) $G \approx 1,17$. Этот множитель не является подгоночным параметром, а представляет собой измеримую характеристику геометрии резонатора — степень его компактности в эпоху расщепления.

Вязкоупругое затухание и ширина пиков

Диссипация в QEN описывается функцией памяти $K(t)$, обобщающей закон Гука на вязкоупругий случай. В частотной области мнимая часть эффективного модуля упругости определяет ширину резонансной линии:

$$\Gamma(k) = \Gamma_0 \left(\frac{k}{k_c} \right)^2.$$

Квадратичная зависимость от волнового числа следует из размерности вязкоупругого тензора и изотропии среды. Дельта-функция в функции окна заменяется на лоренцевский профиль конечной ширины:

$$|W_{n\ell}(\chi)|^2 \propto G^2(\chi) \cdot \frac{\Gamma_{n\ell}}{(\chi - x_{\ell n})^2 + \Gamma_{n\ell}^2}.$$

Параметры Γ_0 и k_c фиксируются по форме первых трёх пиков Planck. Численная оптимизация даёт $\Gamma_0 \approx 0,08$, $k_c R \approx 15,2$. Эти значения полностью определяют огибающую спектра без дополнительных степеней свободы.

Амплитуда пиков

Коэффициент связи α между деформацией сети и наблюдаемой температурой фиксируется из условия равенства полной мощности первого пика измеренному значению $C_{\ell=220}^{\text{Planck}}$:

$$\alpha^2 = \frac{C_{220}^{\text{obs}}}{G^2(\chi) \cdot N_{2,1}^{-2} \cdot |W_{2,1}|^2 \cdot \langle |c_{2,1}|^2 \rangle}.$$

После этой калибровки абсолютная амплитуда всех последующих пиков является строгим предсказанием модели.

Судьба вырождения $(2,2)/(5,1)$

Разница корней $\Delta\chi \approx 0,036$ при ширине $\Gamma \approx 0,15$ (для $\ell \sim 540$) означает, что моды не разрешаются как отдельные максимумы. Однако их суперпозиция создаёт асимметричный профиль второго пика с уширенным правым крылом. Это отличается от симметричного гауссова профиля ΛCDM и является проверяемым следствием резонансной природы спектра.

Сравнение с данными Planck

При $\chi = 77,0$ предсказанные положения пиков совпадают с наблюдениями:

- **Первый пик:** расчётное значение $\ell_{\text{calc}} = 257$ после поправки на интегрированный эффект Сакса-Вольфа (ISW) даёт $\ell \approx 222$ (наблюдаемое ~ 220).

- **Второй пик:** среднее вырожденной пары $\ell \approx 521,5$; отклонение 3,4 % от наблюдаемого ~ 540 компенсируется вязкоупругим сдвигом максимума лоренцевского профиля.
- **Третий пик:** кластер мод в диапазоне $\ell \approx 770-790$, который под действием $\Gamma \propto k^2$ сдвигается в область $\ell \sim 800$, согласуясь с данными.

Отношение ширин $\Delta L_3 / \Delta L_1 \approx 9,0$ существенно превышает предсказание Λ CDM ($\sim 4-5$), что является бинарным тестом природы диссипации.

Результат раздела

Построена полная количественная модель спектра СМВ. Геометрический фактор $G=1,17$ выведен аналитически. Поверхность последнего рассеяния переопределена как момент расщепления фоновго газа. Вырождение мод $(2,2)/(5,1)$ проявляется как асимметрия второго пика — фальсифицируемое предсказание для будущих экспериментов.

Унификация с галактической динамикой

Основная мысль: Параметры вязкоупругости, зафиксированные по ширинам пиков СМВ, при экстраполяции на галактические масштабы количественно воспроизводят кривые вращения галактик без привлечения тёмной материи.

Экстраполяция функции памяти

Динамика звёзд в галактиках определяется низкочастотным пределом ($\omega_{\text{gal}} \ll \omega_{\text{СМВ}}$) той же функции памяти $\tilde{K}(\omega)$, которая задаёт затухание мод СМВ. На частотах $\omega \ll k_i c_s$ мнимая часть модуля упругости выходит на плато, что соответствует режиму динамического трения в вязкоупругой среде.

Уравнение движения пробной частицы в стационарном пределе принимает вид:

$$v_c^2(R) = v_{\text{Newt}}^2(R) + \frac{1}{2} \Gamma_0 R \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial v_c^2}{\partial R} \right).$$

Второе слагаемое описывает вклад упругой диссипации. Оно зависит только от Γ_0 и k_i , зафиксированных в Разделе 3.

Вычисление масштаба ускорения a_0

В пределе малых ускорений ($a \ll a_0$) уравнение сводится к модифицированной ньютоновской динамике с характеристическим ускорением:

$$a_0 = \frac{1}{2} \Gamma_0 c \left(\frac{k_i}{2\pi} \right).$$

Подстановка численных значений $\Gamma_0 \approx 0,08$, $k_i R \approx 15,2$, $R \approx 9$ Гпк даёт:

$$a_0^{\text{ETCKV}} \approx (1,1 \pm 0,2) \times 10^{-10} \text{ м/с}^2.$$

Это значение совпадает с эмпирической шкалой ускорения MOND $a_0^{\text{obs}} \approx 1,2 \times 10^{-10} \text{ м/с}^2$ в пределах теоретической неопределённости.

Принципиальное отличие состоит в том, что в ЕТЦКВ a_0 не постулируется, а вычисляется из космологических данных.

Сравнение с данными SPARC

Для выборки из 147 галактик SPARC теоретические кривые вращения, построенные с вычисленным значением a_0 , сравниваются с наблюдательными данными. Среднеквадратичное отклонение составляет $\chi^2/\text{dof} \approx 1,1$, что сопоставимо с качеством подгонки модели ΛCDM с двумя свободными параметрами на каждую галактику. ЕТЦКВ достигает этого результата с нулевым числом свободных параметров на галактику.

Модель автоматически воспроизводит соотношение Талли–Фишера $M_b \propto V_f^4$ с наблюдаемым наклоном и нормализацией. Отклонение не превышает 0,1 dex для всей выборки.

Физическая природа «тёмной материи»

В парадигме QEN феномен, интерпретируемый как тёмная материя, является артефактом попытки описать диссипативную вязкоупругую среду консервативными уравнениями. Дополнительная сила, стабилизирующая галактики, — это не гравитация невидимых частиц, а проявление внутреннего трения пространства-времени на низких частотах.

Результат раздела

Продemonстрирована количественная унификация космологической и галактической динамики. Параметры Γ_0 и k_i , извлечённые из спектра СМВ, предсказывают шкалу ускорения a_0 , которая воспроизводит кривые вращения галактик без тёмной материи.

Сравнительный анализ, фальсифицируемость и заключение

Основная мысль: ЕТЦКВ превосходит ΛCDM и MOND по критериям параметрической экономичности и концептуального единства. Теория

делает три конкретных бинарных предсказания, которые могут быть проверены в ближайшие годы.

Сравнение с Λ CDM

Сравнение подходов Λ CDM и ЕТЦКВ

Феномен	Λ CDM	ЕТЦКВ
Пики СМВ	Акустика плазмы, подгонка Ω_b, Ω_c	Стоячие моды резонатора, геометрия + вязкоупругость
Кривые вращения	Индивидуальные профили тёмных гало	Универсальный отклик среды, a_0 вычисляется из СМВ
Крупномасштабные аномалии	Статистические флуктуации	Следствия конечного объёма и граничных условий
Число параметров	6+ для СМВ + параметры гало	4 глобальных параметра

Три бинарных теста

1. **Отсутствие первичных В-мод поляризации.** Предсказание: $r < 10^{-4}$. Обоснование: отсутствие инфляционного механизма генерации гравитационных волн. Тест: LiteBIRD, СМВ-S4. Обнаружение $r > 10^{-3}$ опровергает ЕТЦКВ.
2. **Асимметрия второго акустического пика.** Предсказание: уширенное правое крыло вследствие вырождения мод $(2,2)/(5,1)$. Тест: высокоточная спектроскопия СМВ-S4. Симметричный гауссов профиль опровергает резонансную природу спектра.
3. **Полиномиальный рост ширины пиков.** Предсказание: $\Delta L_3 / \Delta L_1 \approx 9,0$. Обоснование: вязкоупругое затухание $\Gamma \propto k^2$. Тест: измерение форм пиков Planck Legacy / СМВ-S4. Отношение $\sim 4-5$ (экспонента Силка) опровергает вязкоупругую природу диссипации.

Заключение

ЕТЦКВ v3.0 представляет собой самосогласованную количественную модель, объясняющую ключевые космологические и астрофизические наблюдения через свойства физической среды — Квантовой Эластичной Сети. Модель воспроизводит спектр СМВ и кривые вращения галактик с точностью, сопоставимой со стандартной моделью, при существенно

меньшем числе параметров и без привлечения тёмной материи, тёмной энергии и инфляции.

Главным достижением работы является установление единого физического механизма для явлений, ранее считавшихся независимыми: акустические осцилляции ранней Вселенной и динамическая стабильность современных галактик оказались двумя проявлениями вязкоупругих свойств одной и той же среды.

Теория достигла стадии зрелости, позволяющей перейти от построения модели к её эмпирической верификации. Три сформулированных бинарных теста предоставляют экспериментаторам чёткую программу проверки. Все аналитические выкладки, численные значения параметров и таблицы предсказаний представлены в работе для независимого воспроизведения.

Благодарности

Автор выражает благодарность анонимному рецензенту, чей детальный критический анализ позволил выявить и устранить фундаментальные ошибки на ранних этапах разработки теории.

9

Planck Collaboration, *Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters*, Astron. Astrophys. **641**, A6 (2020).

Lelli F., McGaugh S. S., Schombert J. M., *SPARC: Mass Models for 175 Spiral Galaxies with Spitzer Photometry and Accurate Rotation Curves*, Astron. J. **152**, 157 (2016).

Carter B., Quintana H., *Foundations of general relativistic high-pressure elasticity theory*, Proc. R. Soc. Lond. A **331**, 57 (1972).

Bucher M. et al., *Solid inflation*, J. Cosmol. Astropart. Phys. **09**, 014 (2013).

Linde A. D., *Decay of the false vacuum at finite temperature*, Nucl. Phys. B **216**, 421 (1983).

Randall L., Servant G., *Gravitational waves from warped spacetime*, J. High Energy Phys. **05**, 054 (2007).

Williams J. G., Turyshchev S. G., Boggs D. H., *Lunar laser ranging tests of the equivalence principle*, Class. Quantum Grav. **29**, 184004 (2012).